

УДК 332.1(470+571)
ББК 65.049(2Рос.Ады)
К 57

Г.В. Горелова

Доктор технических наук, профессор кафедры государственного и муниципального права и управления Технологического института Южного Федерального университета, г. Таганрог. Тел.: (863) 31 14 26, e-mail: g.v.gorelova@gmail.com

Е.Н. Захарова

Доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономики и управления Адыгейского государственного университета, г. Майкоп. Тел.: (8772) 59 39 86, e-mail: zahar-e@yandex.ru

Т.В. Мартышина

Аспирант кафедры экономики и управления Адыгейского государственного университета, г. Майкоп. Тел.: (8772) 59 39 86.

Н.Д. Панкратова

Доктор технических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины, заместитель директора по науке Института прикладного системного анализа Украины, г. Киев. Тел.: (380 44) 406 84 84.

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

(Рецензирована)

Работа выполнена в рамках научного проекта РФФИ
«Синтез методологий предвидения и когнитивного моделирования
для разработки стратегии инновационного развития региона»
(проект №НК 14-01-90401\14)

Аннотация. В работе рассматриваются проблемы обеспечения устойчивого развития социо-эколого-экономической системы. В качестве инструмента исследования нестабильной среды и моделирования слабоструктурированных систем предложено использовать когнитивный подход. Инструментарий когнитивного анализа дает возможность использовать в процессе моделирования данные как качественного, так и количественного характера, при этом представляется перспективным использование методологии сбалансированной системы показателей (ССП) для характеристик экономической, социальной и экологической устойчивости на региональном уровне. С помощью программной системы когнитивного моделирования (ПСКМ), позволяющей проводить моделирование возможных сценариев развития сложной системы, представлены оптимистический и пессимистический варианты развития региональной социо-эколого-экономической системы Республики Адыгея.

Ключевые слова: устойчивое развитие региона, социо-эколого-экономическая система, имитационное моделирование, когнитивное моделирование, знаковый ориентированный граф, сбалансированная система показателей, когнитивная карта, сценарий.

G. V. Goryelova

Doctor of Technical Sciences, Professor of State and Municipal Law and Management Department, Technological Institute of Southern Federal University, Taganrog. Ph.: (863) 31 14 26, e-mail: gv Gorelova@gmail.com

E.N. Zakharova

Doctor of Economics, Professor, Head of Economics and Management Department, Adyghe State University, Maikop. Ph.: (8772) 59 39 86, e-mail: zahar-e@yandex.ru

T.V. Martyshina

Post-Graduate Student of Economics and Management Department, Adyghe State University, Maikop. Ph.: (8772) 59 39 86.

N.D. Pankratova

Doctor of Technical Sciences, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Honored Scientist of Ukraine, Deputy Director of Research Institute for Applied Systems Analysis in Ukraine, Kiev. Ph.: (380 44) 406 84 84.

COGNITIVE PROCESS MODELING OF SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT

Abstract. This paper considers the problem of sustainable development of socio-ecological-economic system. The authors propose to use the cognitive approach as a research tool for unstable environment and modeling semi-structured systems. Instrumentation cognitive analysis gives the opportunity to use data both qualitative and quantitative in the modeling process. They believe that the using of the methodology is promising a balanced scorecard (BSC) for the characteristics of the economic, social and environmental sustainability at the regional level. The scientific article represents optimistic and pessimistic variants of the regional socio-ecological-economic system of the Republic of Adyghea with the help of a software system of cognitive modeling (PSKM) that help to model possible scenarios of a complex system.

Keywords: sustainable development of the region, socio-ecological-economic system, simulation modeling, cognitive modeling, symbolic directed graph, balanced scorecard, cognitive map, scenario.

Достижение состояния региональной устойчивости предполагает обеспечение способности социально-экономической системы региона использовать все доступные ресурсы без нарушения равновесного состояния системы. При этом модель обеспечения региональной устойчивости должна опираться на удовлетворение существующих потребностей территории и ее населения с помощью оптимальной организации процесса распределения ограниченных ресурсов. Именно поэтому современная ситуация предполагает рассмотрение проблемы региональной устойчивости в рамках не социально-экономической, а социо-эколого-экономической системы.

В этой связи отметим, что понятие «эколого-экономическая система» в последнее время широко используется в современной научной литературе. При этом, с точки зрения системного анализа, система определяется как взаимосвязанная совокупность элементов, обладающих внутренним единством и образующих некоторую целостность.

Эколого-экономические системы представляют собой класс сложных динамических систем, базирующихся на отношениях между материальными структурами, созданными человеком и природой. Кроме того, эколого-экономические системы являются системами открытого типа, так как в них осуществляется постоянный обмен веществом и энергией между экономической деятельностью и окружающей средой.

В наиболее упрощенной модели эколого-экономической системы сфера общественного производства предстает в виде «черного ящика», на вход которого поступают ресурсы из природной среды, а на выходе образуются отходы производственной деятельности, поступающие в природную среду (рис. 1).

Таким образом, в данной модели представлены лишь потоки веществ, циркулирующие между природной средой и сферой общественного производства [2].

В модели, разработанной Р. Констанцы и Х. Дэли, экономическая подсистема выступает в виде внутренней



Рисунок 1. Простейшая модель эколого-экономической системы [1]

части эколого-социальной системы. При этом функциональные взаимодействия и материальные потоки образуют различные формы капитала: человеческий (ЧК), природный, представленный возобновимой (ВПК) и невозновимой (НПК) формами, а также произведенный капитал (ПК) (рис. 2).

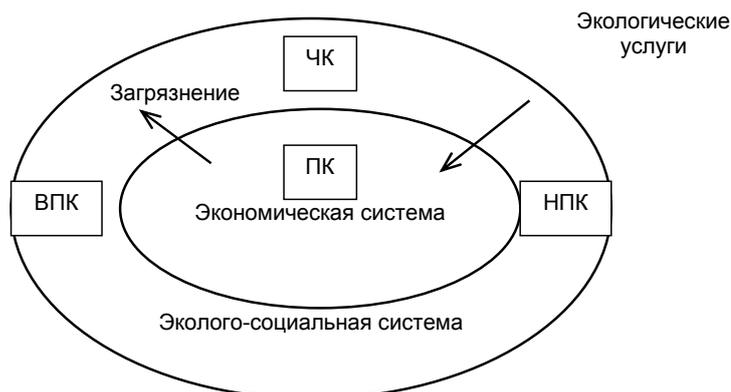


Рисунок 2. Модель эколого-социальной системы Констанцы-Дэли [3]

Модель эколого-экономической системы, в рамках которой экономическая и экологическая системы выступают как подсистемы единой системы более высокого уровня, была предложена Т.А. Акимовой [4]. В данном случае эколого-экономическая система представляет собой обладающее эмерджентными свойствами сочетание совместно функционирующих экологической и экономической систем.

Необходимо отметить, что экологическая подсистема относится к естественным, так как она возникает без вмешательства человека, а экономическая подсистема — к искусственным, являясь результатом деятельности человека. Кроме того, по своей природе экологическая подсистема является постоянной, продолжительность функционирования которой не имеет временных рамок, в то время как экономическая подсистема имеет временной характер.

Однако, по нашему мнению, в рамках процесса обеспечения региональной устойчивости данной системе имманентно должно быть присуще наличие и третьей подсистемы того же

уровня важности, которым обладают экономическая и экологическая подсистемы. Речь в данном случае идет о социальной подсистеме региональной социо-эколого-экономической системы.

В рамках социо-эколого-экономической системы происходят сложные процессы взаимодействия населения, природной среды и хозяйства, которые определяют функционирование данной системы. Отражение данных процессов, а также прогнозирование возможных вариантов их развития нам представляется целесообразным производить при помощи моделирования взаимодействия ключевых элементов социо-эколого-экономических систем.

В этой связи отметим, что важнейшую группу моделей составляют предикативные модели, или модели предсказательного характера. При этом эффективное решение прогнозных задач в условиях неопределенности можно достичь с помощью адаптивного подхода, развитие которого в настоящее время происходит по нескольким основным направлениям. Первое из них ориентировано, главным образом, на структурные усложнения моделей.

В свою очередь, второе направление ставит своей целью усовершенствование используемого в этих моделях адаптивного механизма. Наконец, в последнем направлении реализуется совместное использование адаптивных принципов и имитационного моделирования [5].

Однако, несмотря на высокую точность прогнозных расчетов, которая достигается при использовании адаптивных моделей, они не в полной мере отображают все многообразие возможных траекторий развития рассматриваемой системы. Одним из способов, позволяющих учесть их в максимально возможной степени, является имитационное моделирование.

С помощью имитационного моделирования воспроизводится поведение сложной системы, представляемой структурой взаимосвязей между ее элементами. При этом имитационное моделирование применяется в случаях, когда невозможно построить аналитическую модель системы, учитывающую причинные связи, последствия, нелинейности, стохастические переменные, когда необходимо имитировать поведение системы во времени, рассматривая различные возможные сценарии ее развития при изменении внешних и внутренних условий. Классические методы имитационного моделирования — это метод статистических испытаний (метод Монте-Карло), статистическое имитационное моделирование, ситуационное моделирование (ситуационное управление). В настоящее время под имитационным моделированием понимают также методы системной динамики, дискретнособытийное моделирование, потоковые диаграммы, агентное моделирование, ситуационное моделирование, а также приобретающее все большую популярность когнитивное моделирование [6,7].

Понятие «когнитивный» подразумевает способность разлагать на части, декомпозировать, анализировать и синтезировать [8]. Понятие о когнитивном моделировании, носящее междисциплинарный характер, было введено в 1976 г. Г. Аксельродом. В конце 1980-х гг. его идеи нашли воплощение

в форме нечетких когнитивных карт, предложенных Б. Коско как результат слияния нечеткой логики и системной динамики. В настоящее время данные когнитивные карты представляют собой базу для современных систем динамического моделирования в экономической сфере.

Когнитивное моделирование базируется на формировании когнитивных карт, представляющих собой знаковый ориентированный граф (орграф) $G = \langle V, E \rangle$, в котором V — множество вершин (вершины $V_i \in V, i=1, 2, \dots, k$ являются элементами исследуемой системы), а E — множество дуг (дуги $e_{ij} \in E, i, j=1, 2, \dots, N$ отражают взаимосвязь между вершинами).

Инструментарий когнитивного анализа дает возможность использовать в процессе моделирования данные как качественного, так и количественного характера, причем степень использования последних может возрастать в зависимости от возможности количественной оценки взаимодействующих факторов, анализируемых в процессе моделирования [9]. При этом одним из важнейших факторов успешной реализации методики когнитивного моделирования является определение элементов, определяющих устойчивость регионального развития и используемых в этой связи в качестве вершин когнитивной карты.

Для решения указанной задачи перспективным нам представляется использование методологии сбалансированной системы показателей (ССП) на основе задействования равного ограниченного числа оценочных параметров для характеристик экономической, социальной и экологической устойчивости на региональном уровне.

Название указанной системы отражает целевое равновесие, которое должно быть достигнуто между финансовыми и нефинансовыми показателями регионального развития, стратегическим и оперативным уровнем управления (долгосрочными и краткосрочными целями), прошлыми и будущими результатами, а также внутренними и внешними по отношению

к региону факторами [10]. Полный набор показателей может составлять от десятка до нескольких сотен единиц. Слишком большое их количество усложняет процесс работы с ССП, слишком малое — может быть недостаточным для выявления тенденций и принятия управленческих решений. При этом совокупность показателей организуется в стройную систему по причинно-следственному принципу таким

образом, чтобы достижение необходимых величин индикаторов достижения целей нефинансовых перспектив в итоге обеспечило достижение финансовых ориентиров.

В этой связи нами предлагается следующий набор показателей, отражающих сбалансированность регионального развития, с точки зрения приоритетов развития Республики Адыгея (табл. 1).

Таблица 1

Сбалансированная система показателей для оценки уровня региональной устойчивости [11]

Аспект региональной устойчивости	Показатели
Экономический	Валовой региональный продукт на душу населения
	Доля инновационно активных предприятий в их общем количестве
	Уровень самообеспечения продовольственной продукцией
	Средняя заработная плата по региону
Социальный	Уровень зарегистрированной безработицы
	Доля расходов на здравоохранение, образование и социальное обеспечение в региональном бюджете
	Уровень преступности в регионе
	Доля населения, живущего за чертой бедности
Экологический	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу региона
	Доля нарушенных земель в общей площади региона
	Объем оборотной и последовательно используемой воды
	Величина инвестиций природоохранного характера

При этом количество и набор используемых показателей может варьироваться в зависимости от важности тех или иных аспектов региональной устойчивости конкретной территории.

Начальным этапом когнитивного анализа является формирование когнитивной карты исследуемой системы. Отталкиваясь от предложенного нами набора параметров региональной устойчивости, которые будут выступать в роли вершин когнитивной карты обеспечения устойчивости региональной социо-эколого-экономической системы, данную карту можно представить в виде, показанном на рисунке 3. Когнитивная карта построена с помощью программной системы когнитивного моделирования ПСКМ [12], позволяющей проводить моделирование возможных сценариев развития сложной системы.

На базе сформированной нами информационной базы о возможных из-

менениях в вершинах когнитивной карты был составлен план вычислительного эксперимента, предполагающий разработку сценариев, отражающих наблюдаемый в настоящее время оптимистический и пессимистический варианты развития региональной социо-эколого-экономической системы Республики Адыгея.

В качестве базы для моделирования процесса обеспечения региональной устойчивости нами были избраны сценарии, основанные на обеспечении приоритетности развития в первом случае промышленного производства, а во втором — аграрного сектора республиканской экономики. Результаты моделирования представлены на рис. 4.

Как показывают вышеприведенные графики, при сохранении существующих тенденций развития для Республики Адыгея предпочтительным выглядит ориентация на усиление роли

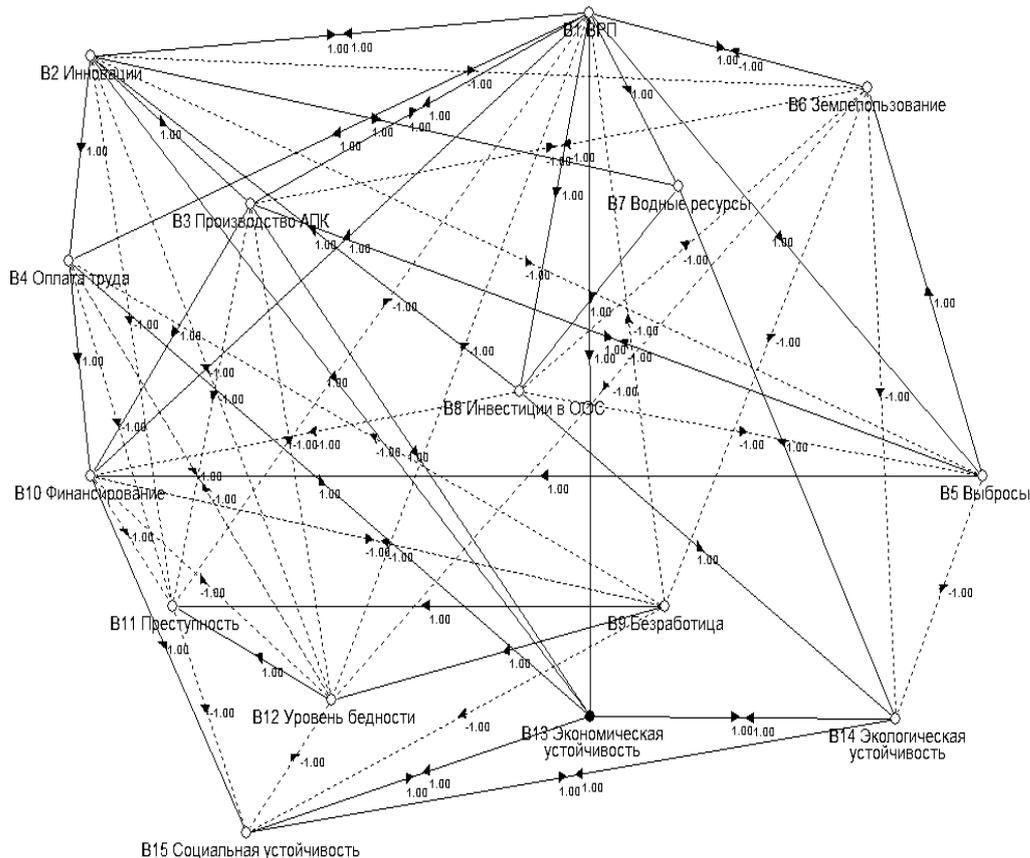


Рисунок 3. Когнитивная карта процесса обеспечения устойчивости региональной социо-эколого-экономической системы [13]

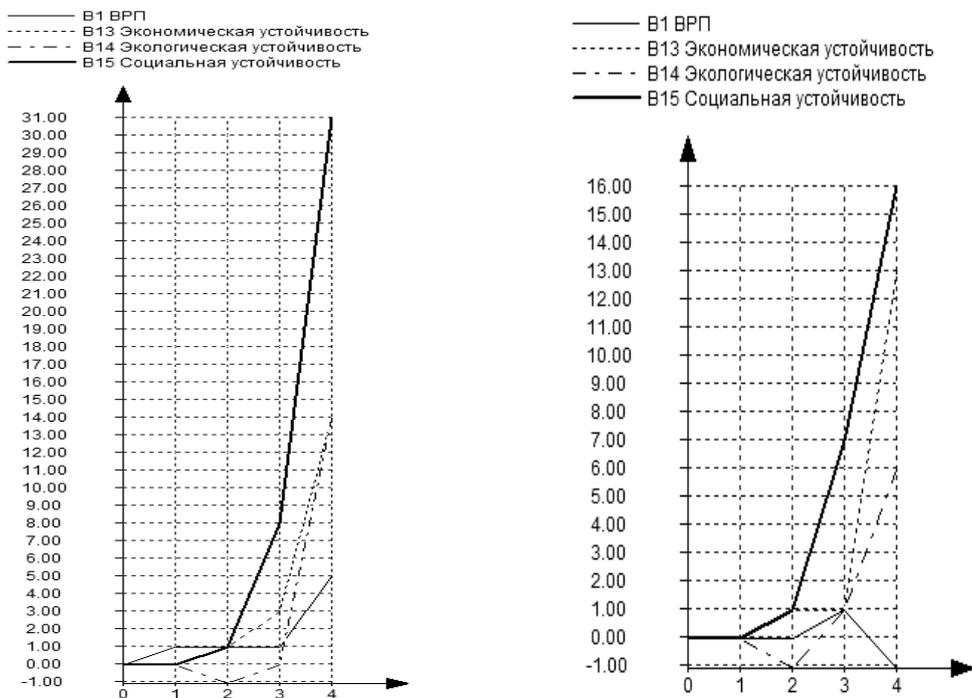


Рисунок 4. Моделирование региональной устойчивости при условии приоритета промышленного (а) и сельскохозяйственного (б) производства [14]

промышленного производства, о чем свидетельствуют более высокие параметры экономической и социальной устойчивости в данных условиях. Более того, динамика ВРП демонстрирует тенденцию к снижению при аграрной ориентированности республиканской экономики. Что касается параметров экологической устойчивости, то они демонстрируют примерно одинаковую

направленность своего развития при реализации обоих сценариев.

При разработке оптимистических сценариев развития региональной социо-эколого-экономической системы мы рассмотрели три варианта развития ситуации, заключающиеся в улучшении экономической, экологической и социальной ситуации в регионе. Данные варианты отражены на рис. 5.

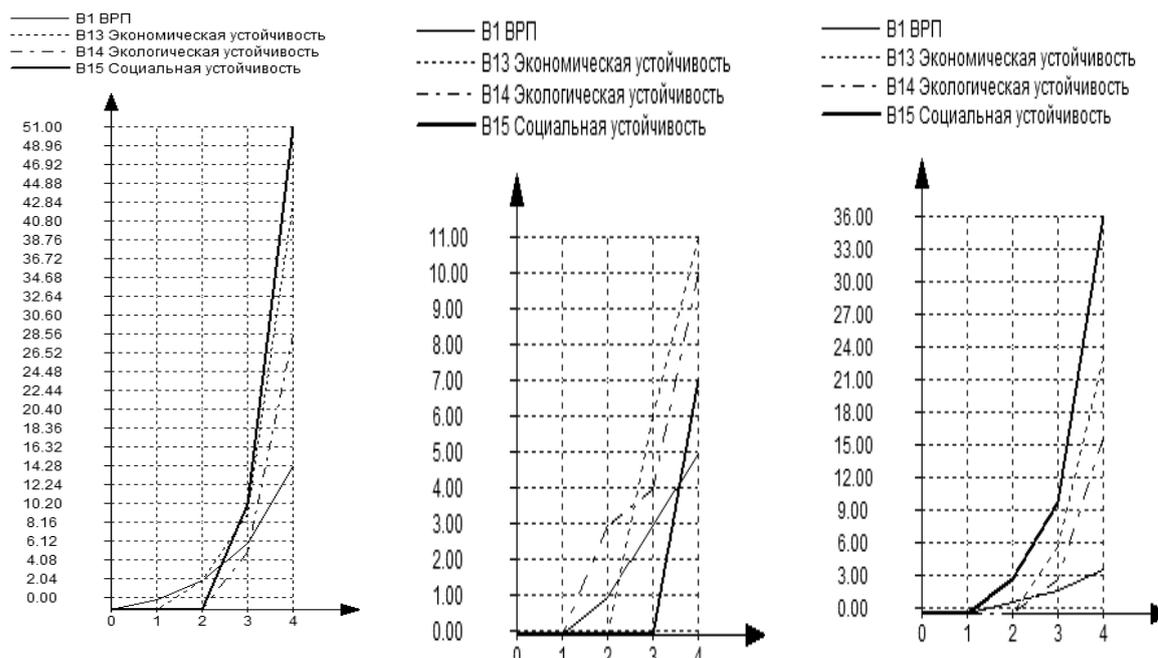


Рисунок 5. Моделирование региональной устойчивости при условии позитивного развития ситуации в экономической (а), экологической (б) и социальной (в) сферах Республики Адыгея [14]

Отмечая положительное влияние на процесс обеспечения региональной устойчивости всех трех вариантов развития событий, следует указать на то, что максимальные параметры уровня как экономической и социальной, так и экологической устойчивости достигаются при условии позитивного развития ситуации в экономике региона. Это же, что выглядит вполне естественным, можно указать и в отношении роста величины валового регионального продукта.

Наконец, касаясь моделирования пессимистических вариантов развития событий в регионе, отметим, что представить положение вещей в ситуациях, противоположных проанализированным нами оптимистическим сценариям, не представит большой сложности, опира-

ясь на данные, приведенные на рис. 5. В этой связи мы рассмотрели большой спектр ситуаций негативного характера, последствия развития ряда которых проиллюстрированы на рис. 6.

Первая из этих ситуаций характеризуется снижением объема ВРП, ухудшением условий сельскохозяйственного производства и сокращением финансирования социальных программ. В рамках второй ситуации снижается уровень продовольственного самообеспечения и снижается уровень инвестиций на охрану окружающей среды. Наконец, при реализации третьей ситуации наблюдается антиинновационный сценарий регионального развития.

Как мы можем наглядно увидеть, все три рассмотренных варианта

характеризуются крайне негативными последствиями для всех блоков обеспечения региональной устойчивости. При этом, если первый вариант приводит к наибольшей отрицательной динамике развития ситуации в социальной сфере, то во втором и третьем случаях самые негативные последствия испытывает на себе региональная экономика.

Анализируя полученные результаты, которые отражают возможные тенденции развития региональной социо-эколого-экономической системы, можно констатировать, что моделиру-

емые тенденции в значительной степени соответствуют теоретическим представлениям о взаимосвязи факторов, влияющих на устойчивость рассматриваемой системы, и их взаимовлиянии, а также реально наблюдаемым тенденциям даже при достаточно упрощенных условиях. При этом ряд полученных по итогам проведенного исследования выводов позволяет сформировать практические механизмы, целью которых является обеспечение необходимого уровня устойчивости регионального развития Республики Адыгея.

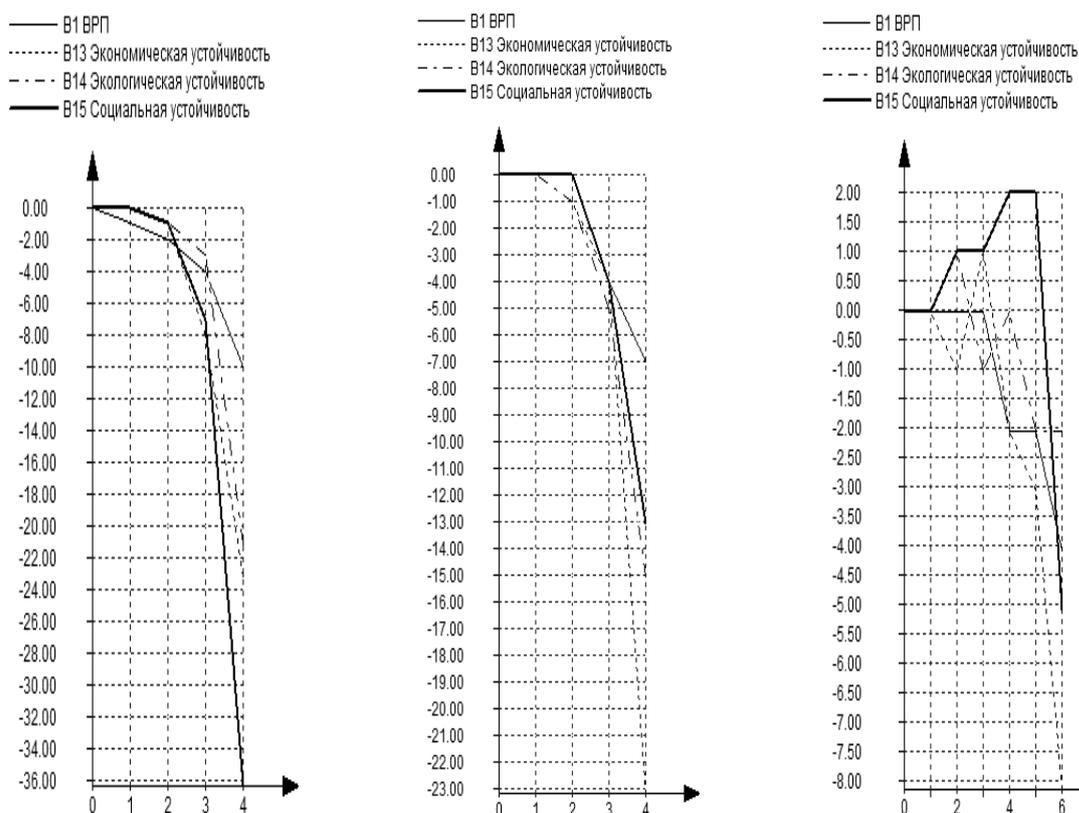


Рисунок 6. Моделирование региональной устойчивости при различных вариантах негативного развития социо-эколого-экономической системы Республики Адыгея [14]

Примечания:

1. Составлено авторами.
2. Суркова С.А. Эколого-экономические аспекты научно-технической политики. URL: uran.ru/reports/2005/3dic_2004/section1.
3. An Introduction to Ecological Economics / R. Costanza, J. Cumberland, H. Daly [et al.]. Boca Raton, 1997.
4. Акимова Т.А. Теоретические основы организации эколого-экономических систем // Экономика природопользования. Вып. 4. М.: ВИНТИ, 2003. С. 7.
5. Тинякова В.И. Адаптивно-рациональное прогнозирование в экономических системах: концептуальные идеи и модели реализации // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Экономика и управление. 2006. №2. С. 286.
6. Горелова Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. №3. С. 75.

7. Захарова Е.Н. О когнитивном моделировании устойчивого развития социально-экономических систем // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. Регионоведение: философия, история, социология, юриспруденция, политология, культурология. 2007. Вып. 1. С. 223—229.

8. Ляскова Т.А., Савельева Е.П., Шиндина Т.А. Теоретические основы моделирования взаимодействий в строительном комплексе на основе когнитивного подхода // Вестник Челябинского государственного университета. 2008. №7. С. 24.

9. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука, 1986. С. 38.

10. Никонова И.А., Шамгунов Р.Я. Реализация стратегии, методы и инструменты // Банковское дело в Москве. 2005. №8. С. 30.

11. Составлено авторами.

12. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., С.Н. Радченко С.Н. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Дон: Изд-во РГУ, 2006. 334 с.

13. Составлено авторами.

14. Составлено авторами по результатам когнитивного моделирования.

References:

1. Compiled by the authors.

2. Surkova, S. A. Ecological and economic aspects of scientific and technical policy. URL: uran.ru/reports/2005/3dic_2004/section1.

3. Costanza, R., Cumberland, J., Daly, H., Goodland, R., Norgaard R. An Introduction to Ecological Economics. Boca Raton, 1997.

4. Akimova T. A. Theoretical foundations of ecological and economic systems // Economics. Vol. 4. M: VINITI, 2003. P. 7.

5. Tinyakova V.I. Adaptive rational forecasting in economic systems: conceptual ideas and implementation models // the Herald of the Voronezh state University. Series «Economics and management». 2006. №2. P. 286.

6. Gorelova G.B. The cognitive approach to the simulation of complex systems // Bulletin of SFU. Technical sciences. 2013. №3. P. 75.

7. Zakharova E.N. About the cognitive modeling of sustainable development of social and economic systems // The Bulletin of the Adyghe state University. Series «Regional: philosophy, history, sociology, law, political science, cultural studies». 2007. №1. Pp. 223—229.

8. Laskovskaya T.A., Saveliev E.P., Lindina T.A. Theoretical bases of modeling of interactions in the construction industry based on the cognitive approach // The Bulletin of the Chelyabinsk state University. 2008. №7. P. 24.

9. Roberts, F.S. Discrete mathematical models with applications to social, biological and environmental problems M.: Nauka, 1986. P. 38.

10. Nikonova, I.A., Shamgunov R.Ya Implementation of the strategy, methods and tools // Banking in Moscow. 2005. №8. P. 30.

11. Compiled by the authors

12. Gorelova G.B., Zakharova E.N., Radchenko S.N. Investigation of semistructured problems of social and economic systems: a cognitive approach. Rostov-on-Don: RSU Publishing House, 2006. 334 p.

13. Compiled by the authors

14. Compiled by the authors according to the results of cognitive modeling.